

수소경제 실현가능성 제고를 위한 전략적 니치 관리

박상욱,[†]

*서울대학교 행정대학원 아시아개발연구소

Strategic Niche Management for Enhancing Feasibility of the Hydrogen Economy

SANGOOK PARK,[†]

*Grad. School of Public Administration, Seoul National Univ., Gwanak-ro 599, Gwanak-gu, Seoul, 151-742, Korea

ABSTRACT

This paper overviews the concept of the strategic niche management, which emphasises the social aspects of new technologies and calls for relevant government policies for socio-technical transition. Hydrogen energy technologies remain in the niche level, thus the SNM perspective is appropriate to be applied. The reason why, and the way how to see hydrogen as a socio-technical niche are discussed, followed by an analytic argument on hydrogen policies and their SNM characteristics. Final part of the paper deals the design of the socio-technical experiment. It is expected that this paper would contribute to not only policy development but also improving understandings on the socio-technical nature of hydrogen energy of hydrogen community.

KEY WORDS : Hydrogen economy(수소경제), Hydrogen energy policy(수소에너지 정책), Strategic niche management(전략적니치관리), Socio-technical transition(사회기술전이)

Abbreviations

FCV : fuel cell vehicle 연료전지자동차
ICE : internal combustion engine 내연기관
SMR : steam methane reforming 천연가스 스팀개질법
SNM : strategic niche management 전략적 니치 관리

1. 서 론

수소경제의 개념은 과학자 커뮤니티에서의 기술적 가능성 측면에서는 오래 전부터 언급되었으나, 대중적 관심과 함께 '수소경제(the hydrogen economy)^{1,6,23)}라는 용어가 본격적으로 사용되기 시작한 것은 90년대 후반으로 본다. 2000년대 들어 기후변화와 석유자원의 미래에 대한 우려가 세계적인 이슈로 떠오르면서, 선진 각국에서 수소에너지에 특화된 정책이 발표되기 시작하였다. 이러한 수소 에너지정책이 등장하기 전에도 연구개발정책으로

[†]Corresponding author : sangook.park@gmail.com
[접수일 : 2011.3.14 수정일 : 2011.4.11 게재확정일 : 2011.4.22]

서 수소에너지 기술개발 및 관련된 프로그램이 존재했다. 그러나, 수소에너지 개발은 대규모 기술시스템의 개발에 관한 것일 뿐 아니라 기존 기술시스템의 보완 또는 대체에 관한 것이다. 이에 대한 정책은 과학기술연구개발 뿐 아니라 다양한 사회적, 경제적 고려를 반영해야 한다. 본 논문은 수소에너지의 미래를 속단하는 대신, 현재 니치(틈새) 단계에 머물러 있는 수소에너지의 여러 모습들에 대해 논하고, 최근 주목받고 있는 전략적 니치 관리론(SNM)의 관점에서 수소경제 실현가능성을 높이기 위한 정책 설계의 방향을 제안한다.

2. 수소경제 실현가능성 논란

아주 가까운 미래를 위한 옵션이라는 기준으로 보면 수소에너지는 경제면에서나 환경면에서나 그리 훌륭한 옵션이 아니다. 수소에너지 실용화를 선도할 것으로 여겨지고 있는 연료전지자동차의 제조 단가는 기존 내연기관자동차에 비해 여전히 높다. 신재생에너지를 이용한 수소 대량생산 시스템은 먼 훗날 이야기이며, 가까운 장래를 위한 현실적 대안인 SMR은 화석연료를 이용할 뿐 아니라 CO₂배출을 피할 수 없다. 수소 생산을 위해 원자력 이용을 확대해야 하는지도 논란의 여지가 있고, 열화학적 수소생산에 최적화된 4세대 원자로 개발은 더딘 행보를 보이고 있다. 화석연료로부터 생산된-또는 화석연료로부터 발전된 전기로 생산된-수소는 지속 가능한 에너지매체가 아니다. 혹자는 수소경제론이나 메이저 석유회사들의 수소에너지 개발을 공해산업의 “녹색세탁(green wash)” 의도라는 음모론적 시각을 드러내기도 한다⁷⁾.

에너지 저장매체로 수소가 선호되는 이유는 첫째로 깨끗하다는 이미지, 둘째로 연료전지를 이용한 전기화학적 발전을 비롯해 직접 연소하거나 심지어 약간의 개조를 통해 내연기관에서도 사용 가능하다는 활용성, 셋째, 다양한 에너지원으로부터 생산이 가능한 유연성을 들 수 있다. 석유 회사들, 기존의 공업용 수소 생산 회사들, 그리고 원자력 발전 회사들이 수소경제에 관심을 갖는 이유이기도 하다. 하

지만 이러한 융통성과 유연성은 여러 이해집단들이 서로 다른 생각을 할 수 있다는 문제점을 낳는다. 예를 들면 많은 환경운동가들, 과학자들, 그리고 순수한(pure) 수소경제를 추구하는 사람들(예를 들면 sierra club⁸⁾)은 화석연료나 원자력을 사용해 생산된 수소의 이용을 거부하고 있다. 이들은 수소에너지 전이(transition)로의 과도기, 즉 초기단계에서 필수적인 다양한 실험 및 시범사업에도 부정적이다. 정책 입안자와 기업들은 본격적인 수소 생산, 저장, 배급 체계를 갖추기 전까지는 과도기적으로 수소 생산 방법에 융통성이 부여되어 한다고 생각하지만, 이들의 소위 ‘더러운 수소(dirty hydrogen)’에 대한 거부감은 수소에 대한 사회적 인식을 악화시킬 수 있을 뿐 아니라, 나아가 수소경제로의 전이를 늦출 것으로 우려된다.

반드시 수소에너지에 대해 부정적이거나 생산방법의 순수성을 고집하는 사람들이 아니더라도, 수소전이를 논하기에는 너무 이르다고 주장하는 사람들이 많다. 대중의 수소경제 인지도는 높아지지 않고, 사회 구성원 다수의 입장은 수소전이가 가시화되기 전까지는 뚜렷이 드러나지 않을 것이다. 수소에너지 관련 기술들이 기술적 한계까지 발전하더라도 경제성을 확보할 수 있을지 역시 확실하지 않다. 수소에너지 기술들과 경쟁하는 대안 기술이 부상할 가능성도 있다. 실제로, 최근 친환경디젤엔진 등 내연기관들의 발전은 연료효율과 배기가스 측면에서 괄목할만한 개선을 이룬다. 이는 일반 사용자들에게 새로운 기술에 대한 인식과 수용을 강요하지 않아도 된다는 점에서 큰 경쟁력을 갖고 있다.

수소에너지가 여러 차례 불거진 회의론에도 불구하고 미래 에너지시스템을 위한 강력한 선택지로 남아 있는 이유는 산업경제적 기대 때문이며, 그 중심에 FCV가 있다. FCV에 희망을 거는 이유는 FCV가 자동차회사들에게 장기적인 대안으로 매력적이기 때문이다²⁹⁾. 현재의 시장 상황이나 사회간접자본을 고려할 때 단기적으로는 하이브리드 자동차나 플러그인 하이브리드 자동차가 현실적이지만, 이러한 하이브리드 자동차에는 ICE가 탑재되어야 한다. 2차전지를 사용하는 충전식 전기자동차는 배

터리 기술의 발전에도 불구하고 크고, 무겁고, 에너지밀도가 수소보다 낮은 배터리를 실어야 한다. 무엇보다도 충전에 소요되는 시간 동안 운행 중단을 피할 수 없다. 그러나 MacCready가 지적했듯이 지속적으로 발전하는 배터리 기술은 FCV, 나아가 수소에너지시스템에 가장 강력한 경쟁기술이다¹⁰⁾. FCV가 경쟁력을 갖기 위해서는 매우 혁신적인 연료전지 디자인이 필요하다. 이 분야의 기술 발전 속도는 예상했던 것보다 더디고 고가의 백금촉매에 대한 의존도 역시 극복되지 않고 있다. FCV의 가장 큰 장점은 사용자 입장에서 기존 ICEV에 길들여진 자동차 사용패턴을 바꾸지 않아도 된다는 것인데, FCV 자동차의 시장 경쟁력이 확보되는 날이 너무 먼 미래가 될 경우 그 사이 자동차 이용에 관한 기존의 사회적 인식에 변화가 일어날 가능성도 존재하고, 전혀 새로운 개인화된 대중교통 시스템이 등장할 가능성도 있다.

2008년 이후 진행중인 글로벌 경제위기는 높은 수준의 FCV 개발 능력을 갖고 있는 미국 자동차 3사를 생존의 위기로 몰아넣었다. FCV와 같이 리스크가 큰 장기 프로젝트는 큰 타격을 입을 수밖에 없기에 FCV의 전망을 어둡게 하고 있다. 만약 FCV가 성공적으로 개발되어 ICEV에 비교될만한 경쟁력과 상품성을 갖추게 되고 본격적인 수소 생산이 이루어지더라도 문제는 남는다. 수소의 운반과 배급 과정에서 수소생산단계 이상의 높은 비용이 들기 때문이다. 이러한 점을 감안할 때 수소생산에서 근미래를 위한 현실적 해법은 최종사용자(end-user)의 사용처 근처에서 이루어지는 온사이트(on-site) 분산형 생산방식(distributed generation)이라고 볼 수 있다. 실제로 FCV 시험운행 프로젝트들은 모두 이 방식의 수소공급체계를 기반으로 하고 있다. 다만 이 경우 규모의 경제를 구현하기 어렵고, 전기에너지를 수소의 형태로 저장함으로써 야기되는 각종 논란, 특히 화석연료로부터 생산된 전기에너지를 사용하는 경우 ‘dirty hydrogen’ 논란과, 에너지 전환 효율상 비효율성의 문제가 존재한다. 더욱이, 새로운 수소 제조 및 저장 설비에 대한 지역 공동체의 사회적 반응은 여전히 예측불능이다. FCV가 널리

보급되기 전이라면, 절박하게 필요하지도 않으면서 생소하고 확실한 안전을 담보할 수 없는 설비가 이웃에 설치되는 것을 반기지 않을 공산이 크다. 수소에너지에 대한 사회적 수용성에 대해서는 아직 충분히 연구되거나 고려되지 않았다^{3,11,12)}.

수소에너지의 미래에 대해서는 여전히 많은 질문들이 존재하며, 그것들은 과장된 기대로부터 근본적인 회의론까지 펼쳐져 있다^{7,13,14)}. 그러한 모든 논의가 나름의 의미를 가지며, 현실적으로 수소에너지 정책들에서 고려되고 있고, 여러 연구개발 및 실증시험(demonstration) 활동들이 사려 깊게 수행되고 있다. 니치공간에서는 어떤 일도 일어날 수 있고, 시험중인 기술시스템이 나아갈 방향이 결정된다. 이 니치를 지향성을 갖고 전략적으로 관리하면 새로운 기술시스템이 성공할 확률이 높아지는 것이다. 다음 절부터는 수소에너지 실현가능성을 제고하기 위한 전략적 니치관리론에 대해 논한다.

3. 수소에너지 니치

3.1. 니치의 정의와 성격

먼저, 니치란 무엇인가? 니치는 기존의 기술레짐^{a)}과 다르며, 대개 새로운 기술에 기반하며, 기존 기술레짐과 경쟁한다. 기존 기술레짐의 주요 행위자들은 종종 신기술에 의한 니치에 비우호적이며, 기존 기술레짐을 수성하려는 경향을 보인다. 모든 니치가 성공하는 것은 아니지만, 성공적인 사회기술적 전이를 거친 니치는 기술레짐을 변화시키고, 나아가 부분적으로 또는 전반적으로 대체할 수도 있다. 이를 기술레짐이동(shift)이라고 한다^{15,16)}.

여기서는 수소에너지가 가진 니치로서의 성격과 사회기술적 전이 잠재력에 대해 논한다. 먼저, 수소에너지가 기존의 어떤 기술레짐에 대응하는지 규정해야 한다. 수소에너지에 대한 구체적 기대를 보면

a) “the whole complex of scientific knowledge, engineering practices, production process technologies, product characteristics, skills and procedures, established user needs, regulatory requirements, institutions and infrastructures”¹⁶⁾

수소에너지는 도로교통체계를 재구성할 잠재력이 있는 것으로 여겨지고 있으며, 장기적·거시적 시각으로는 화석연료에 의존하는 현재의 에너지시스템을 대체할 대안으로 여겨지기도 한다. 현실점에서 좀 더 현실적이고 조심스러운 시각으로 보면, 최소한 비상전원용 발전설비나 기타 특수용도의 전력원으로 자리잡아가고 있다. 이로부터 제안되는 니치의 성격은 첫째, 기존 기술레짐에 대한 장기적 대체가능성이 존재하며 그것이 더 나은 방향이라는 사회적 기대를 받고 있어야 한다는 점이다.

전술한 여러 논쟁점에도 불구하고, 과학자, 엔지니어, 정책연구자, 정치인, 운동가들을 포함한 많은 행위자들이 수소에너지 개발과 수소경제 실현을 ‘추구’하고 여러 나라에서 수소에너지 개발·육성 정책을 내어 놓고 있다. 하지만 이런 심각한 지지자들은 상대적으로 소수이며, 수소에너지에 대한 회의론은 기존 기술레짐에 속한 부정적 행위자들 뿐 아니라 일반 대중으로부터도 감지된다. 이러한 사실로부터 제안되는 니치의 두번째 성격은 비전을 공유하는 그룹과 사회 다수층 사이에 존재하는 지식과 지지도에 있어서의 간극이다. 이 간극은 잠재력이 크고 바람직한 방향을 인정받는 니치라 할지라도 사회기술적 전이 과정에서 만만치 않은 저항에 부딪힐 것임을 뜻한다.

니치의 세 번째 성격은 기술경제적 요소들로 구성된다. 니치 기술은 기술적으로 아직 불완전할 뿐 아니라 경제적으로(비용 대비 효용 면에서) 경쟁력을 확보하지 못했다. 즉, 순수히 경제적 측면에서는 니치를 계속 발전시킬 추력이 결여되어 있다. 그러나 기술레짐이동이 현실화할 경우 기존레짐의 행위자들의 영향력이 축소되는 것을 피할 수 없고, 바뀐 레짐에서 큰 경제적 기회를 기대할 수 있기 때문에 니치에 대한 투자를 외면할 수 없는 것이다. 이로부터 규정되는 니치의 세번째 성격은 현재의 기술경제적 불완전성, 미래의 잠재가치, 그리고 기술적 해법이 등장할 가능성이다.

3.2 수소에너지 니치의 특징

앞 절의 논의를 종합하면, 현 상황에서 수소에너

지를 니치로 보는 것에는 무리가 없으며, 저자 뿐 아니라 많은 정책연구자들이 수소에너지를 사회기술적 전이를 위한 니치로 상정하고 있다¹⁷⁻²¹⁾. 다음에 수소에너지의 특징적인 니치 성격을 구체적으로 열거하였다.

첫째, 장기간의 개발: 연료전지를 이용해 수소로부터 직접 전기에너지를 생산할 수 있다는 개념이 등장한 지 100년이 지났다. 제한된 용도이지만 기술적으로 실현된 지 50년이 지났고, 소수의 과학자들이 본격적인 수소에너지시스템의 가능성을 검토하기 시작한 지도 비슷한 세월이 지났다. 수소에너지 관련 기술 개발이 급물살을 타고 FCV 프로토타입이 개발된 지 10여년이 지났고, 이는 Ripkin⁶⁾에 의해 수소경제에 대한 다소 과장된 기대가 소수의 전문가들이 아닌 일반 대중에게 소개된 기간과 비슷하다. 선진국들을 중심으로 수소에너지 관련 R&D가 이루어지고 조직적인 연구비 지출이 이루어지기 시작한 것은 짧게 잡아도 15년 전이다. 하지만 여전히 수소에너지는 틈새에 머무르고 있다. 세계 각국이 수소에너지 국가 비전을 내어 놓고 있음에도 불구하고 수소에너지시스템으로의 전이를 실감하려면 앞으로 수십년을 기다려야 한다는 것이 전문가들의 공통된 의견이다²⁵⁾.

둘째, 기술진보와 사회적 환경과의 밀접한 상호작용: 근래 수소에너지에 대한 기대가 높아진 데에는 기후변화와 지속가능성이 국제적 이슈로 부상한 데에 힘입은 바 크다. 또, 2002년 미국 부시 대통령의 수소연료이니셔티브(hydrogen fuel initiative) 발표는 사회경제적, 기술적 불확실성 탓에 본격적인 투자를 망설이고 있던 여러 선진국들이 앞다투어 수소에너지에 정책을 준비하도록 한 신호였다. 국제수소에너지파트너십(IPHE)의 결성과 활동은 회원국가들에게 영향을 끼쳤으며, 유럽연합 차원의 각종 프로그램들과 더불어 수소에너지에 관한 국제협력 네트워크가 형성되었다. 일반대중은 수소에너지의 청정성, 화석연료 이용과 이산화탄소 배출로부터의 탈피, 나아가 에너지자원의 국지성과 에너지 파워게임의 양상 변화를 기대하여 수소에너지에 우호적이었다. 이는 분명 사회정치적으로 수소에너

지 개발에 호의적 조건으로 작용해 왔다. 반면 일부 환경운동가들은 수소경제의 개념이 구체적이지 못하거나 다소 과장된 기대에 의존하고 있음을 간파하고 수소경제로의 초기 전이는 화석연료에 의존해야 할 수밖에 없다는 것을 이유로 수소에너지에 대한 지지를 철회하기도 했다. 무엇보다도, 수소에너지에 대한 사회적 환경은 여전히 많은 부분 알려지지 않으며, 향후 변화할 가능성이 클 뿐 아니라 예측이 불가능하다.

셋째, 신기술이 연관기술들과 함께 기술시스템을 구성하려는 경향이 있다: 이 성격은 기술레짐이동의 성격이기도 하지만 Hughes가 말한 기술시스템의 성격이기도 하다²²⁾. 수소에너지는 에너지, 교통 등 대규모기술시스템들과 관련된 것으로, 대규모기술시스템의 성격들을 대부분 갖고 있다. 수소에너지는 기존 기술시스템과의 호환성 확보, 부분적 대체, 나아가 전면적 대체까지 고려할 수 있기 때문에 기존의 기술들과도 관계되어 있다. 예를 들어 FCV는 사용자 측면에서 보면 운전과 도로 운행에 있어서 ICEV와 호환성이 확보되어야 하기 때문에 FCV는 ICEV를 ‘뺏는다’. 수소에너지는 신기술로서 기존 기술 뿐 아니라 개발중이거나 새롭게 개발되어야 하는 기술들이 모두 상호 연관된 시스템을 형성하려 한다. 수소 생산, 저장, 운반 및 배급, 최종사용자 응용기기에 이르기까지 다양하다⁵⁾. 수소에너지 인프라가 갖춰지게 되면 그것을 활용할 수 있는 새로운 기술들이 도입될 가능성이 높아진다. 예를 들어 수소 제트엔진 비행기, 수소를 이용한 대용량 전력 저장설비 등이다.

넷째, 초기 단계에서 특별히 강력한 응용 수단: 앞 절에서 언급했듯이, 수소에너지전이는 강력한 지원자들을 갖고 있는데, 바로 자동차 대기업들이다. 비즈니스 섹터에서 우군을 갖는 경우 시민사회나 정부가 추진하는 것보다 더 강한 추력을 얻는 것으로 여겨지고 있다. 수소에너지 전이의 초기 단계에서는 바로 FCV가 소위 킬러애플리케이션(killer application)의 역할을 할 것이며 수소에너지 이용 확대와 인프라 확충을 선도할 것이다²⁴⁾. 이외에도, 분산형 발전, 이동형 기기 등이 초기 단계에서 수소

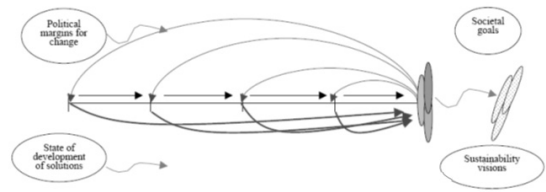


Fig. 1 Conceptual diagram of the Strategic Niche Management¹⁵⁾.

에너지의 주요 이용처가 될 것으로 예상된다.

4. 수소경제를 위한 전략적 니치 관리

4.1 전략적 니치 관리(SNM)의 개념

SNM이란, 특정한 정책적 목표- 대개의 경우 니치 기술의 성공적인 사회기술적 전이, 다른 말로 니치 기술이 성공적으로 상용화되고 기술시스템을 형성하는 것 -를 상징하고, 그 목표에 도달하기 위해 전략적 니치를 관리·육성하는 정책적 방법론이다(Fig. 1). 목표에 도달하는 과정에서 기술진보와 사회경제적 여건의 변화에 따라 되먹임 기작(feedback)을 통해 정책적 개입의 내용과 방법을 계속 변화시켜가면서 사회기술적 전이를 조향한다. SNM은 신기술의 도입에서 발생하는 갈등상황에 초점을 두고 신기술의 도입·확산과 갈등을 일으키는 사회적, 경제적, 법적, 문화적, 정치적 요인들을 검토하면서 새로운 기술 요소와 사회적 요소가 성장·발전할 수 있는 니치를 확보하는 데 초점을 맞춘다. SNM은 일종의 거점 확대 전략을 취하고 있다. 이 거점인 니치는 기술의 공급자들만이 아니라 사용자들이 참여하여 상호작용이 일어나고, 기술의 사회적 수용도가 제고된다⁴⁾.

SNM에 대한 논의는 90년대 후반 유럽에서 본격적으로 일어났고, 점점 더 많은 주목을 받고 있음에도 불구하고 네덜란드와 영국의 과학기술정책 연구자들이 발전시키고 있는 SNM의 규범적인 관점이 세계 각국의 수소에너지 정책 개발에 이미 반영되어 있다고 보기는 어렵다. 그러나 적어도 SNM적인 성격이 존재하는데, 수소에너지 정책들의 목표는 SNM의 목표와 공유되는 내용이 많다. 예를 들면

기술의 개발과 확산, 기술과 제도적 틀(institutional framework)의 변화와 정비, 기술적 옵션의 경제적, 환경적 이득과 가능성에 대한 분석, 여러 행위자들과 이해당사그룹들의 네트워크를 형성하고 이들로 하여금 니치 발전을 지지하도록 하는 것 등이다. 또한 니치 발전의 사회적 측면 즉 수요자 관점에 대한 고려가 포함된다. 물론, SNM관점은 종래의 기술정책과는 구별되게, 적극적이지만 직접적이지 않은 정책행위와 사회기술적 환경의 조성을 강조한다. 무엇보다도 행위자 및 그들의 네트워크의 중요성, 학습과정의 중요성, 그리고 기술레짐의 성격에 대한 이해를 바탕으로 한다는 점에서 차별화된다. SNM 관점에서는 사회기술적 전이가 어렵다는 것을 인식하고 각종 비기술적인 난점들을 인정한다는 면에서 기술진보가 모든 것을 해결할 것으로 크게 기대하는 낙관주의와 뚜렷이 구별된다. 또한 SNM은 니치의 형성 뿐 아니라 그 생존 환경이 중요함을 말하고 있으며 니치 개발을 위한 사회기술적 실험의 중요성, 또 그 실험들을 설계할 때의 주안점들에 대해 논하고 있다. 이러한 특징들 탓에 SNM정책들은 실천과제의 설정에 있어서 종래의 기술정책에 비해 더욱 종합적이고 시스템적인 내용들을 요구한다.

SNM에서 ‘전략적’이란 말에는 ‘모든 (기술적으로) 가능한 신기술을 대상으로 하는 것은 아니다’라는 의미가 내포되어 있다. 즉, SNM의 첫 단계는 기술선택이다. SNM적인 기술선택에는 기술적 실현가능성이나 경제적 기회 등 종래 기술정책 관점에서 중요한 고려점들은 물론이다. 그 기술을 조정할 수 있는 조직의 존재, 사용자의 수요에 대한 부합성과 적합성, 그리고 (전술했듯이) 특정 응용에서의 탁월한 비교우위가 중요 판단기준이 된다.

4.2 SNM과 사회기술적 실험

수소에너지의 사회기술적 전이 이행을 위해서 더욱 새롭고 강력한 SNM정책들이 요구되는 이유는 다음과 같다. 첫째, 수소에너지는 도로교통으로부터 화석연료, 길게 보면 전력망에 이르기까지 기존 대형 기술레짐들에 영향을 줄 수 있는 레짐이동의 잠재력이 있어 국가정책 측면에서 더 전략적이고 중

합적이며 장기적인 관리가 필요하다. 아울러 이러한 정책들은 사회기술적 전이의 어려움과 실패가능성을 고려하여 만들어져야 한다. 둘째, 광목할만한 돌파구 없이 니치에 머무르고 있는 수소에너지 개발을 위해 다양하고 활발한 사회기술적 실험을 설계하고 수행할 필요가 있다. 셋째, 지속가능성의 추구라는 더 큰 틀에서 볼 때 수소에너지 외의 대안들, 그리고 그 대안들을 포함해 보완 가능한 기존 기술레짐들과 수소에너지 레짐의 관계를 설정하고 상보성을 확보해야 한다.

수소에너지에 특화된 정책들의 내용을 들여다보면, 정책의 실천적 목표들이 SNM의 목표들과 비슷하다는 것을 발견할 수 있는데, 여기서 우리는 SNM의 개념이 전적으로 새로운 것은 아님을 알 수 있다. 물론, 종래의 기술정책, 즉 연구개발지원에 초점이 맞춰진 정책들과 SNM 사이에는 여러 차이점이 존재하지만, 세부적인 내용보다는 근거 철학이나 지향에 있어서의 차이가 더 커 보인다.

한국, 영국 등을 비롯한 여러 나라의 수소에너지 정책들에서 발견되는 SNM 성격은 다음과 같다. 첫째, 정도와 내용은 각기 다르나 수소에너지 기술개발을 지원함과 동시에 초기 상용화를 위한 보조금 등의 촉진책, 유치산업 보호책, 관련 법률과 규제 등을 정비한다는 내용을 포함한다. 둘째, 수소에너지의 기술적, 경제적 실현가능성과 환경 이득에 대한 예측과 평가를 포함하고 있다. 셋째, 수소에너지와 관련한 네트워크와 가치사슬 형성을 촉진하고, 이를 확대해 산업화하는 것을 목표로 하고 있다. 또한 전문인력의 양성과 기술의 확산도 주요 관심사이다. 이밖에도 수소에너지 실증 프로그램의 수행을 포함하는데, 이는 SNM에서 말하는 사회기술적 실험에 해당한다.

전략적 니치 기술을 선택했다면 실험을 설계해야 한다. 사회기술적 실험에는 니치를 위한 공간이 필요한데, 이는 특정한 응용 부문일 수도 있고, 특정한 지역일 수도 있다. 예를 들어, 여러 자동차회사들이 FCV를 개발하고 시험 운행하는 것은 특정 응용부문에 대한 실험이다. 작게는 대학 캠퍼스나 연구소 내로부터 넓게는 한 도시전체에서 연료전지 버스를

시험 운행하는 것^{b)}은 특정 응용부문과 특정 지역범위를 조합한 실험이다. 실험을 통해 니치의 가능성을 평가할 수 있을 뿐 아니라, 니치개발과 성공적인 전이를 위해 필수적인 정보들을 수집할 수 있다. 특히, 이러한 사회기술적 실험들은 사회 내에서 실시간으로, 때론 실생활 규모로 이루어지는데, 자연스럽게 사회구성원들의 의식적 또는 무의식적 참여가 이루어지게 되므로 니치 기술에 대한 사회적 반응을 알아보는 데에 매우 유용하다. 또한, 실험을 통해 공공인지의 향상과 상호학습이라는, 성공적 전이를 위한 필수조건을 취득한다.

실험의 셋업에 있어서 보호와 지향적 선택이 과도하게 이루어지면 안된다¹⁶⁾. 지나친 보호란 니치에 우호적인 나머지 실패 가능성을 부인하거나 부정적인 실험 결과를 거부하는 것이다. 지향적 선택이 과도할 경우 니치 공간의 다양성을 저해해 장기적 해법 개발을 억압할 수 있다. 따라서 셋업 후 관찰이라는 실험 본연의 기능에 충실하기 위해서 주로 니치 성장의 장애요인 또는 장벽을 제거하거나 낮춤으로써 니치의 생존환경을 조성하는 방향이 바람직하다. 예를 들어 높은 비용이 문제라면 보조금을 지급하는 것, 낮은 공공인식이 문제라면 홍보 캠페인을 벌이는 것, 주요 행위자들간의 단절이 문제라면 네트워크 형성을 지원하는 것, 법과 제도의 미비함이 문제라면 특정 지역 내에서 한시적, 특례적인 제도를 마련한다던가 하는 것이다. 수소에너지와 관련된 여러 활동에서 대개 이러한 장애요소들이 복합적으로 존재한다.

실험이 성공적으로 마무리되었다면 다음 단계는 실험을 확대·확장하는 것이다. 나아가 기존 기술레짐의 지배적 기술과 경쟁할 수 있는 수준에 도달하나 레짐이동이 관찰될 경우 니치에 대한 보호 수준을 점차 낮춤으로써 SNM을 마무리하고 시장시스템에 맡기는 것이다. 언제 어떠한 수준과 속도로 이런 일련의 단계들이 진행되어야 하는지에 대해서는 더

많은 고려와 관찰, 그리고 사회적 논의가 필요하다.

요약하자면, 수소에너지의 경우 전략적 기술선택은 이미 이루어진 것으로 보이며, 현 단계는 실험의 셋업이 진행중인 것으로 파악된다. 실험의 확대·확장은 실험 지역의 확대 또는 특정 응용부문의 광범위한 보급이 될 것인데, 이러한 현상은 아직 관찰되지 않는다. 많은 실험 사례들의 성공적 수행과 그에 대한 분석이 완료된 후 확대·확장 방향이 설정될 것이다. 최악의 경우 확대·확장을 포기하고 전이실패를 선언하게 될 수도 있다.

5. 결 론

수소에너지 니치는 이미 형성된 것으로 볼 수 있다. 여러 기술적 난제가 남아 있음에도 불구하고, 수소에너지가 기술적으로 실현가능하고 그 이용에 있어 충분한 효율을 확보할 수 있음이 이미 검증되었다. 경제성의 경우 그 확보가 난망한 것이 현실이지만, 적어도 경제적 기회 및 경제적 이득의 잠재성은 인정되고 있다. 수소에너지가 제공하는 경제적 기회란 수소에너지 이용 가격 자체가 화석연료에 비해 우월한 경쟁력을 확보할 것이라기보다는, 국가적으로는 수소에너지를 산업화함으로써 새로운 성장동력을 얻고 고용을 창출하며, 기업 입장에서는 수소에너지에 의한 기존 산업구도의 재편-예를 들어 FCV의 본격 등장에 따른 자동차산업의 재편-과 신수종사업 개척에 있다고 하겠다. 또한 수소에너지는 기후변화 위기에 대응하여 지속가능한 기술로서 유무형의 가치를 갖고 있고, 정치적 아젠다로서의 효용도 있다. 수소에너지 니치가 이미 형성된 것으로 보아야 하는 또다른 이유는, 수소에너지를 지지하고 그 발전방향을 조향하는 여러 종류, 여러 수준의 조직들이 존재한다는 것이다. 학계에서 기업, 공공연구소, 정부부처까지 다양한 조직들이 지역, 국가, 국제 네트워크를 형성하여 수소에너지를 조직적으로 추구하고 있다. 또한 이러한 조직과 관계망들은 니치의 조정 역할을 맡고 있으며, 그들 중 정부 및 국제기구들은 니치관리를 위한 정책을 제공하고 있다. 수소에너지 상업화 및 산업화에 나선 기

b) 유럽의 CUTE(clean urban transportation for Europe) 산하 연료전지버스 클럽(fuel cell bus club) 프로젝트가 대표적이다.

업들은 사용자들이 기존에 필요로 하는 기능들에 대해 기존 기술시스템과의 호환성을 확보한 채 수소에너지 응용품으로 대체하려는 시도들을 지속하고 있다. 이러한 시도들이 당장 이익을 내지 못하지만 연구개발활동과 실증사업들에 대한 공공연구개발지출에 의해 지원되고 있는데, 이는 학습과정의 효과에 대한 사회적 지출로 생각할 수 있다.

니치 기술이 성공적인 사회기술적 전이를 거쳐 주류 기술시스템으로 자리매김할 것인지 여부는, 어렵게 형성한 니치를 어떻게 전략적으로 관리하느냐에 달려 있다. 본 논문은 수소경제의 실현가능성을 제고하기 위해, 즉 수소에너지 니치를 배양해 성공적인 사회기술전이를 일으키기 위해 전략적 니치 관리(SNM)에 입각한 정책의 필요성을 강조하였다. 이를 위해 전략적 니치의 의미를 리뷰하고 수소에너지 기술이 니치에 위치하고 있음을 논증하였으며, 수소에너지 정책의 SNM 성격과 수소에너지 현실화를 위한 사회기술적 실험에 대해 논하였다. 이를 통해 정책적 함의를 제안함과 동시에, 수소에너지 기술 연구자를 비롯한 수소관련 커뮤니티가 수소에너지의 사회기술적 성격과 정책적 주안점에 대한 논의의 지평을 넓히는 데에 기여하고자 하였다.

후 기

저자는 연료전지축매 연구 경험을 바탕으로 수소에너지정책을 연구해 오고 있다. 수소경제 실현을 위해서는 기술발전과 더불어 정책적 뒷받침이 중요하다. 학회지 독자들과의 활발한 소통을 기대한다.

참 고 문 헌

- 1) 박상욱, “수소경제의 실현을 위하여”, 신재생에너지저널, 3월호, 2007.
- 2) 박상욱, “새로운 사회기술체계로서의 연료전지자동차”, 과학기술정책, Vol. 14, 2005, pp. 2-14.
- 3) 송위진, 성지은, 장영배, “녹색기술의 사회적 수용도 제고방안”, 과학기술정책연구원, 2010.
- 4) 송위진, “사회적 목표 지향적 혁신정책의 특

- 성과 함의”, 과학기술학연구, Vol. 8, No. 1, 2008, pp. 1-28.
- 5) 최현도, 이민규, 박상욱, “수소 기술-경제체제로의 이행을 위한 장단기 시나리오 분석”, 한국수소 및 신에너지학회지, Vol. 16, No. 3, 2005, pp. 296-305.
- 6) Rifkin, J., The Hydrogen Economy, Polity Press, Cambridge, 2002.
- 7) Romm, J. J., The Hype about Hydrogen: Fact and Fiction in the Race to Save the Climate, Island Press, Washington DC, 2005.
- 8) www.sierraclub.org
- 9) Kurani, K. S., Turrentine, T. S., Heffner, R. R. And Congleton, C., “Prospecting the future for hydrogen fuel cell vehicle markets”, in Sperling, D. and Cannon, J. S. (Ed.) The Hydrogen Energy Transition-Moving Towards the Post Petroleum Age in Transportation, Elsevier Academic Press, London, 2004.
- 10) MacCready, P. B., “The case for battery electric vehicles”, in Sperling, D. and Cannon, J. S. (Ed.) The Hydrogen Energy Transition: Moving Toward the Post Petroleum Age in Transportation, Elsevier Academic Press, London, 2004.
- 11) Ogden, J. M., “Prospects for building a hydrogen energy infrastructure”, Annual Review of Energy & Environment, Vol. 24, 1999, pp. 227-279.
- 12) Ricci, M., Bellaby, P. and Flynn, R., “What do we know about public perceptions and acceptance of hydrogen? A critical review and new case study evidence”, International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 33, 2008, pp. 5868-5880.
- 13) Borup, M., Brown, N., Konrad, K. and van Lente, H., “The sociology of expectations in science and technology”, Technology Analysis and Strategic Management, Vol. 18, 2006, pp. 285-298.
- 14) Bossel, U., “Does a hydrogen economy make sense?”, Proceedings of the IEEE, Vol. 94, 2006, pp. 1826-1837.

- 15) Kemp, R., Schot, J. and Hoogma, R., “Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: the approach of strategic niche management”, *Technology Analysis & Strategic Management*, Vol. 10, 1998, pp. 175-196.
- 16) Hoogma, R., Kemp, R., Schot, J. and Truffer, B., *Experimenting for Sustainable Transport: the approach of Strategic Niche Management*, Spon Press, London, 2002.
- 17) Eames, M., McDowall, W., Hodson, M. and Marvin, S., “Negotiating contested visions and place-specific expectations of the hydrogen economy”, *Technology Analysis & Strategic Management*, Vol. 18, 2006, pp. 361-374.
- 18) Hoogma, R., “Transition to hydrogen & fuel cells in the Netherlands”, presented in *UNU International Conference: Hydrogen Fuel Cells and Alternatives in the Transport Sector: Issues for Developing Countries*, Maastricht, 2005.
- 19) Jeeninga, H., “The transition towards a hydrogen based energy system - the need for transition management” presented in *UNU International Conference: Hydrogen Fuel Cells and Alternatives in the Transport Sector: Issues for Developing Countries*, Maastricht, 2005.
- 20) Kemp, R., “Transition management for hydrogen: issues for policy”, presented in *UNU International Conference: Hydrogen Fuel Cells and Alternatives in the Transport Sector: Issues for Developing Countries*, Maastricht, 2005.
- 21) McDowall, W. and Eames, M., “Towards a sustainable Hydrogen Economy: a multi criteria mapping of the UKSHEC Hydrogen Futures”, *UKSHEC Social Science Working Paper*, No. 18, Policy Studies Institute, London, 2006.
- 22) Hughes, T. P., “The Evolution of Large Technological Systems”, in Bijker, W. E., Hughes, T. P., and Pinch, T. (Edi.) *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*, MIT Press, London, 1989.
- 23) Barreto, L., Makihiro, A. and Riahi, K., “The hydrogen economy in the 21st century: a sustainable development scenario”, *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 28, 2003, pp. 267-284.
- 24) Farrell, A. E., Keith, D. W. and Corbett, J. J., “A strategy for introducing hydrogen into transportation”, *Energy Policy*, Vol. 31, 2003, pp. 1357-1367.
- 25) McDowall, W. and Eames, M., “Forecasts, scenarios, visions, backcasts and roadmaps to the hydrogen economy: a review of the hydrooogen futures literature”, *Energy Policy*, Vol. 24, 2006, pp. 1236-1250.